ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.735.001.2

А.В. ВОВЧЕНКО, Ю.Н. РЕЗНИКОВ

РАСЧЁТ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОЦЕССАХ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ

Представлены результаты рационального проектирования переходных форм для объёмной штамповки поковки полусферической формы. Подход реализован гранично-элементным решением последовательности обратных задач формоизменения по алгоритму реверсивного нагружения. Полученное решение позволяет бездефектно реализовать процесс штамповки при минимально принятом размере заусенца.
Ключевые слова: *объемная штамповка, метод граничных элементов, обратные задачи формоизменения, алгоритм реверсивного нагружения.*

Введение. Одним из основных методов получения качественных поковок при объёмной штамповке является применение соответствующих заготовительных ручьёв. Известно, что соответствие между заготовительным и чистовым ручьями может быть достигнуто путём применения методов расчёта, основанных на анализе течения при заполнении полости штампа металлом. Так, в работе [1] показана возможность расчёта заготовительных ручьёв для штамповки сложных поковок, реализованная на основе решения последовательности обратных задач формоизменения.

Из анализа данных работы [1] следует не только принципиальная возможность решения реальной технологической задачи объёмной штамповки на основе строгих теоретических подходов, но и необходимость дальнейшего совершенствования расчётов, что связано с ограничениями, прежде всего по форме поковок и реологическим свойствам материала. Одна из возможностей решения указанной проблемы заключается в применении для расчёта формы заготовительных ручьёв численного метода граничных элементов (МГЭ). В работе [2] показано, что применение МГЭ в расчётах процессов объёмной штамповки позволяет:

– существенно приблизить расчётный характер заполнения полости штампа к действительному, наблюдаемому в эксперименте;

– более точно, чем это возможно в других расчётных методах, описать форму ручья и поковки, а также реологические свойства деформируемого металла.

Возможности МГЭ открывают перспективу расчёта осесимметричных и объёмных задач и эффективного применения расчётов формоизменения при решении оптимизационных задач объёмной штамповки [3,4].

Постановка задачи. Рассматривается гранично-элементный расчёт, реализованный как последовательность решения обратных задач формоизменения.

 ISBN 5-7890-0368-0

Расчёты выполнены для поковки «полусфера» (рис.1) по методике, рассмотренной в работе [5], с использованием алгоритма реверсивного нагружения, предложенного в [6] и обоснованного в [7].

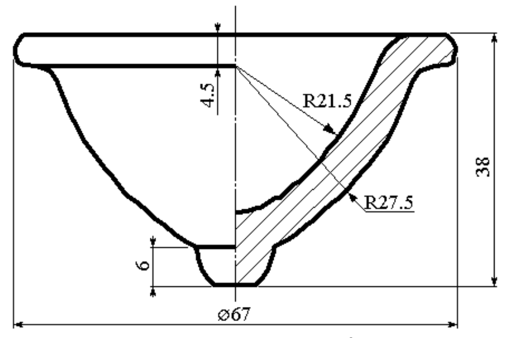


Рис.1 Поковка «полусфера»

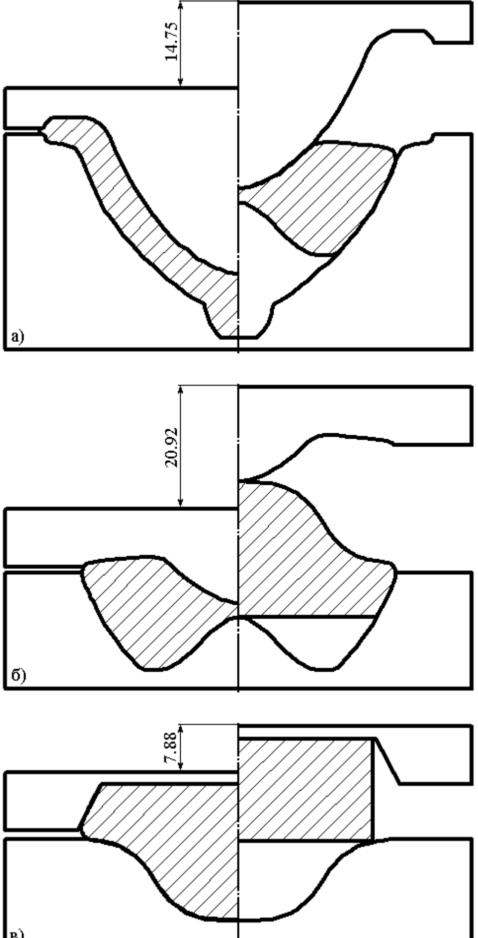
Результаты расчётов. Последовательные стадии обратного расчёта, приводящие, в конечном счёте, к поковке заданной формы, представлены на рис.2. Обратный расчёт и расстановка граничных условий реализовывались с учётом следующих положений:

1. Протяжённость деформирования на чистовом переходе определялась величиной перемычки центральной зоны полученного расчетом полуфабриката (см.рис.2,а).

2. Протяжённость деформирования на втором заготовительном переходе ограничивалась формой полученного расчётом полуфабриката (см.рис.2,б), и соответствующей ему формой ручья на первом переходе (см.рис.2,в). При этом учитывалась необходимость получения поковки из заготовки цилиндрической формы, которая, в свою очередь, должна центрироваться в ручье первого перехода. В связи с этим принята схема штамповки, при которой полуфабрикат подвергается кантовке на 180° после первого заготовительного перехода.

Данные расчётов (см.рис.2), свидетельствуют о том, что достигается бездефектное заполнение полости чистового ручья. Определена также общая схема процесса штамповки с двумя заготовительными переходами.

Подобная схема штамповки может быть реализована, в частности, на серийных кривошипных горячештамповочных прессах при минимальном облое и достаточно хорошем заполнении полости ручья без каких-либо дефектов формы.



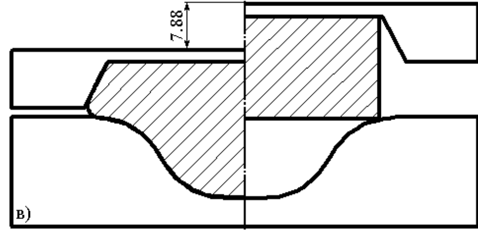


Рис.2 Переходы штамповки «полусферы»: а – чистовой; б – второй заготовительный; в – первый заготовительный

Применение МГЭ для расчёта формоизменения позволяет выполнить более глубокий анализ качества техпроцесса и поковки. Так,

может быть рассчитан критерий качества структуры поковок, по которому производилась оптимизация в работах [8,4], определяющий неравномерность деформированного состояния по сечению поковки:

$$J_5 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \varepsilon_{cp} - \varepsilon_i \right| \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} = 0.936,$$

где ε_i и S_i – соответственно степень деформации на произвольном (i-м) участке сечения и площадь этого участка; $\varepsilon_{ср}$ – среднее арифметическое значение степени деформации по сечению поковки.

Комплексное значение этого же параметра, приведенное, согласно работе [8], к сложности формы поковки [9, с.158], может быт определено как

$$J=J_5/S_т=0.936/3.835=0.244.$$

Дальнейшее совершенствование техпроцесса приводит к необходимости оптимизации его по критерию минимальной неравномерности деформации по сечению поковки, как это сделано в работах [3,4].

Применение для таких расчётов численных методов, в частности МГЭ, имеет определённые преимущества, поскольку такой подход является одним из эффективных способов решения задачи проектирования технологического процесса объёмной штамповки с обеспечением высокого качества поковок.

Выводы.

1. Показано, что на основе последовательности решения обратных задач и применения для расчётов формоизменения численного метода граничных элементов, можно рассчитать переходные формы для штамповки сложных поковок с учётом реальных реологических свойств металла.

2.Выполненные расчёты позволяют оценить качество полуфабрикатов и готовых поковок по критерию неравномерности распределения деформации по сечению, что открывает перспективы выполнения расчётов по строгим принципам оптимизации, аналогично тому, как это сделано в работе [4], с учетом сложности заданных форм поковок [9].

Библиографический список

1. Резников Ю.Н., Шер М.Л., Корпаков Б.П., Плюснин Р.А. Расчёт заготовительных ручьёв для штамповки сложных поковок // Кузнечно-штамповочное производство. – 1981. – №7. – С. 7-8.

2. Резников Ю.Н. Возможности и проблемы применения метода граничных элементов в расчётах процессов объёмной штамповки // Вестник ДГТУ. Серия «Проблемы производства машин». – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2000. – С. 92-97.

3. Резников Ю.Н., Вовченко А.В., Жиленков В.Е. Уменьшение неравномерности деформации по сечению поковки при объёмной штамповке // Заготовительные производства в машиностроении. – 2004. – №9. – С.49-50.

4. Резников Ю.Н., Вовченко А.В., Жиленков В.Е. Об оптимизации процессов деформирования металлов // Металлы. – 2006. – №1. – С. 39-43.

5. Резников Ю.Н., Быкодоров А.О., Киреев С.И. Алгоритмы и численная реализация прямого метода граничных элементов в расчётах процессов штамповки // Механика деформируемых тел: Межвуз. сб./РИСХМ. – Ростов н/Д, 1992. – С. 81-84.

6. Вовченко А.В. Особенности обратного гранично-элементного моделирования процессов объёмной штамповки // Механика деформируемого твёрдого тела и обработка металлов давлением: Сб. науч. тр. –Ч.1. / ТулГУ. – Тула, 2002. – С. 70-76.

7. Резников Ю.Н., Вовченко А.В. Особенности расчётов процессов объёмной штамповки, основанных на решении обратных задач // Вестник ДГТУ. – 2003. – Т.3. – №4(18). – С.430-437.

8. Резников Ю.Н., Калинин Г.Г. Оптимизация заготовительных ручьёв для поковок, изготовляемых объёмной штамповкой // Кузнечно-штамповочное производство. – 1998. – №10. – С. 8-10.

9. Алиев Ч.А., Тетерин Г.П. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объёмной штамповки. – М.: Машиностроение, 1987. – 224с.

Материал поступил в редакцию 10.04.06.

A.V. Vovchenko, Yu.N. Reznikov

CALCULATION OF SHAPE AND DIMENTIONS OF SEMIPRODUCTS IN PROCESSES OF DIE FORGING USING OF INVERSE TASKS OF THE METALFORMING

The outcomes of rational design of semiproducts in process of die forging for the forging of the hemispherical shape are submitted. The approach is realized by a boundary-element solution of a sequence of inverse tasks of metal flow when filling the die cavity on algorithm reverse loading. The obtained solution allows to realize a flawless die forging process at the minimum accepted size of a burr.

ВОВЧЕНКО Арменак Владимирович (р.1974), доцент кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» ДГТУ, кандидат технических наук (2000). Окончил ДГТУ (1996) по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».
Автор 17 научных публикаций по совершенствованию расчётов и моделированию процессов ОМД (ОШ) численным методом граничных элементов.

РЕЗНИКОВ Юлий Наумович (р.1934), доктор технических наук (1992), профессор кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» ДГТУ (1993).
Окончил «Днепропетровский металлургический институт» (1957) по специальности «Обработка металлов давлением».
Научные интересы связаны с совершенствованием расчётов и оптимизации процессов ОМД на основе метода граничных элементов и решения обратных задач формоизменения.
Автор 105 научных работ по представленному направлению. Среди учеников 2 кандидата технических наук.